



FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

| Datos de la asignatura | |
|------------------------|--|
| Nombre completo | Investigación Operativa |
| Código | DOI-GITI-412 |
| Título | Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales |
| Impartido en | Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y Grado en Administración y Dirección de Empresas [Cuarto Curso] Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales [Cuarto Curso] |
| Nivel | Reglada Grado Europeo |
| Cuatrimestre | Semestral |
| Créditos | 6,0 ECTS |
| Carácter | Obligatoria (Grado) |
| Departamento / Área | Departamento de Organización Industrial |
| Responsable | Sonja Wogrin |
| Horario de tutorías | Previa petición por correo electrónico |

| Datos del profesorado | |
|-----------------------|---|
| Profesor | |
| Nombre | Andrés Ramos Galán |
| Departamento / Área | Departamento de Organización Industrial |
| Despacho | Santa Cruz de Marcenado 26 [D-103] |
| Correo electrónico | Andres.Ramos@comillas.edu |
| Profesor | |
| Nombre | Félix Fernández Menéndez |
| Departamento / Área | Departamento de Organización Industrial |
| Correo electrónico | felix.fernandez@comillas.edu |
| Profesor | |
| Nombre | Miguel Álvarez García |
| Departamento / Área | Departamento de Organización Industrial |
| Correo electrónico | malvarezg@icai.comillas.edu |
| Profesor | |
| Nombre | Pedro Sánchez Martín |
| Departamento / Área | Departamento de Organización Industrial |
| Despacho | Alberto Aguilera 25 [D-409] |



| | |
|----------------------------|---|
| Correo electrónico | Pedro.Sanchez@iit.comillas.edu |
| Profesor | |
| Nombre | Sara Lumbreras Sancho |
| Departamento / Área | Departamento de Organización Industrial |
| Despacho | Santa Cruz de Marcenado 26 [D-104] |
| Correo electrónico | Sara.Lumbreras@iit.comillas.edu |
| Profesor | |
| Nombre | Sonja Wogrin |
| Departamento / Área | Departamento de Organización Industrial |
| Despacho | Santa Cruz de Marcenado 26 [D-203] |
| Correo electrónico | Sonja.Wogrin@comillas.edu |

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura

Aportación al perfil profesional de la titulación

En el perfil profesional del graduado en Ingeniería Electromecánica, esta asignatura pretende profundizar y ampliar los conocimientos de técnicas matemáticas de apoyo a la toma de decisiones.

Al finalizar el curso los alumnos dominarán la formulación y el modelado de problemas de optimización y decisión, conocerán las diferentes alternativas de modelado y las técnicas existentes para resolver modelos de investigación operativa. En particular se pretende conseguir que el alumno sea capaz de:

- Reconocer los diversos campos en los que se aplican técnicas de gestión de operaciones
- Modelar sistemas característicos de diferentes sectores empresariales mediante técnicas de gestión de operaciones
- Comprender y aplicar técnicas empleadas en la toma de decisiones que afectan al comportamiento de sistemas
- Analizar e interpretar las soluciones obtenidas de las distintas técnicas aplicadas
- Plantear y resolver modelos concretos de sistemas utilizando un lenguaje algebraico de modelado
- Analizar y sintetizar la información recibida y transmitir en forma adecuada, tanto en forma escrita como verbal, el contenido de la práctica de modelado realizada
- Aprender a trabajar en equipo en la realización de prácticas

Esta asignatura tiene un carácter mixto teórico-práctico por lo que a los componentes teóricos se les añaden los de carácter práctico, tanto la resolución de cuestiones numéricas como la realización de trabajos prácticos de modelado en los que se ejercitarán los conceptos estudiados.

Prerequisitos

Conocimientos básicos imprescindibles de álgebra, estadística y cálculo.



Competencias - Objetivos

Competencias

GENERALES

| | |
|-------------|---|
| CG01 | Capacidad para el desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería Industrial. |
| CG02 | Capacidad para la dirección de proyectos de Ingeniería en el ámbito industrial. |
| CG09 | Capacidad de organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones. |
| CG10 | Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar. |

ESPECÍFICAS

| | |
|--------------|---|
| CFB01 | Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización. |
| CRI09 | Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación. |
| CRI12 | Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos. |

Resultados de Aprendizaje

| | |
|------------|---|
| RA1 | Reconocer los diversos campos en los que se aplican técnicas de investigación operativa |
| RA2 | Modelar sistemas característicos de diferentes sectores empresariales mediante técnicas de investigación operativa |
| RA3 | Comprender y aplicar técnicas empleadas en la toma de decisiones que afectan al comportamiento de sistemas |
| RA4 | Analizar e interpretar las soluciones obtenidas de las distintas técnicas aplicadas |
| RA5 | Plantear y resolver modelos concretos de sistemas utilizando un lenguaje algebraico de modelado |
| RA6 | Analizar y sintetizar la información recibida y transmitir en forma adecuada, tanto en forma escrita como verbal, el contenido de la práctica de modelado realizada |
| RA7 | Aprender a trabajar en equipo en la realización de prácticas |



RAS

Capacidad para programar y optimizar recursos en la gestión de proyectos.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Optimización y modelado

Modelado lineal y lineal entero. Problemas clásicos de optimización. Decisión multicriterio.

Optimización lineal, lineal entera y no lineal

Método simplex. Método de ramificación y corte. Método de Newton.

Teoría de la decisión y de juegos

Criterios en la toma de decisiones. Árboles de decisión. Juegos rectangulares y bipersonales. Punto de equilibrio.

Simulación

Modelado con simulación de eventos discretos. Software de simulación. Generación de aleatoriedad en simulación. Análisis de resultados.

Teoría de colas

Procesos poissonianos. Modelos clásicos de redes de colas. Modelos de sistemas cerrados.

Programación y optimización de recursos

PERT. Software de gestión de proyectos. Planificación de proyectos.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto, la materia se desarrollará teniendo en cuenta la actividad del alumno como factor prioritario. Ello implicará que tanto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

Metodología Presencial: Actividades

1. **Clase magistral y presentaciones generales:** El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema incidiendo en lo más importante y a continuación se explicarán una serie de problemas tipo, gracias a los cuáles se



| | |
|--|----------------------------------|
| <p>aprenderá a identificar los elementos esenciales del planteamiento y la resolución de problemas del tema.</p> <p>2. Resolución de problemas de carácter práctico o aplicado: En estas sesiones se explicarán, corregirán y analizarán problemas análogos y de mayor complejidad de cada tema previamente propuestos por el profesor y trabajados por el alumno.</p> <p>3. Trabajos de carácter práctico individual o en grupo. Se realizarán en grupos o de forma individual y en ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas, familiarizándose con el entorno material y humano del trabajo en el desarrollo de un modelo.</p> | <p>CG10, CFB01, CRI09, CRI12</p> |
|--|----------------------------------|

Metodología No presencial: Actividades

| | |
|--|-------------------------------|
| <p>1. Trabajos de carácter práctico individual o en grupo: La práctica de optimización es un trabajo en grupo que incluye la preparación de un informe, la práctica de simulación se llevará a cabo de forma individual dentro del aula.</p> <p>2. Estudio de conceptos teóricos fuera del horario de clase por parte del alumno: Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones expositivas. Resolución de problemas prácticos que se corregirán en clase.</p> <p>El objetivo principal del trabajo no presencial es llegar a entender y comprender los conceptos teóricos de la asignatura, así como ser capaz de poner en práctica estos conocimientos para resolver los diferentes tipos de problemas.</p> | <p>CG01, CG02, CG09, CG10</p> |
|--|-------------------------------|

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

| HORAS PRESENCIALES | | |
|---|---|---|
| Clase magistral y presentaciones generales | Prácticas de casos de modelado | Resolución de problemas de carácter práctico o aplicado |
| 28.00 | 4.00 | 28.00 |
| HORAS NO PRESENCIALES | | |
| Trabajos de carácter práctico individual o de grupo | Estudio de conceptos teóricos fuera del horario de clase por parte del alumno | |
| 40.00 | 80.00 | |
| CRÉDITOS ECTS: 6,0 (180,00 horas) | | |

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

| Actividades de evaluación | Criterios de evaluación | Peso |
|---|--|------|
| <p>Exámenes de carácter teórico-práctico:</p> <ul style="list-style-type: none"> Examen intercuatrimestral. | <ul style="list-style-type: none"> Comprensión de conceptos. Aplicación de conceptos a la resolución de problemas. | 70 % |



| | | |
|--|---|-------------|
| <ul style="list-style-type: none">Examen final. | <ul style="list-style-type: none">Análisis e interpretación de los resultados obtenidos. | |
| <p>Evaluación continua del rendimiento:</p> <ul style="list-style-type: none">Proyectos desarrollados por los alumnosEjercicios o problemas resueltos de manera individual o en grupoParticipación en claseAsistencia y actitud en clase | <ul style="list-style-type: none">Calidad del trabajo del caso de estudio: El informe elaborado por el equipo ha de detallar la formulación y los resultados del caso de estudio.Aprendizaje adquirido en la resolución de ejercicios y problemas de las distintas técnicas impartidas.Participación en clase: Aportación enriquecedora a la asignatura por parte del estudiante mediante resolución de casos, comentarios sobre experiencias profesionales, opiniones, preguntas, etc.Asistencia: Se aplica la normativa de asistencia que establece el Centro y se valora positivamente la asistencia por encima de los niveles exigibles.Actitud en clase: Se valora positivamente la actitud correcta del estudiante en las distintas actividades de la asignatura en las que se requiera concentración o interacción con el profesor o con el resto de estudiantes. | <p>30 %</p> |

Calificaciones

Convocatoria ordinaria

La calificación en la **convocatoria ordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- Un 20 % la calificación del proyecto de optimización
- Un 5 % la calificación del problema de simulación.
- Un 5 % la calificación de la participación activa del alumno en la exposición de contenidos teóricos y en la resolución de problemas en clase y el control de asistencia a clase.
- Un 70 % la calificación de exámenes (20 % la calificación de exámenes intercuatrimestrales y 50 % la del examen final). En cualquier caso para aprobar la asignatura se exigirá una calificación mínima de 4.0 en la calificación de exámenes (nota media de exámenes). Esta media se calcula como: $1/7 *$



nota del primer examen intercuatrimestral + $1/7$ * nota del segundo intercuatrimestral + $5/7$ * nota del examen final. El resto de los conceptos (el proyecto de optimización y el problema de simulación, y la asistencia) solamente se tienen en cuenta en la nota final si la media de exámenes supera el 4.

Si un/a alumno/a ha asistido a menos del 80% de las clases presenciales, no tiene derecho de presentarse al examen final.

Convocatoria extraordinaria

La calificación en la **convocatoria extraordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- Un 25 % la calificación que obtuvo el alumno en el proyecto de optimización y el problema de simulación.
- Un 5 % la calificación de la participación activa que obtuvo el alumno.
- Un 70 % la calificación del examen de la convocatoria extraordinaria. En cualquier caso para aprobar la asignatura se exigirá una calificación mínima de 4.0 en la calificación de exámenes (nota media de exámenes). En el caso de la convocatoria extraordinaria esto significa que la nota mínima del examen extraordinario tiene que ser al menos un 4. El resto de los conceptos solamente se tienen en cuenta en la nota final si la media de exámenes supera el 4.

Si un/a alumno/a ha asistido a menos del 80% de las clases presenciales, no tiene derecho de presentarse al examen final.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

| Actividades | Fecha de realización | Fecha de entrega |
|---|--|---|
| Lectura y estudio de los contenidos teóricos en el material docente | Después de cada clase | |
| Resolución de los problemas propuestos | Semanalmente | |
| Asignación de la práctica de optimización | En Septiembre (fecha exacta por concretar) | |
| Entrega de la formulación matemática de la práctica de optimización | | Inicios de Octubre (fecha exacta por concretar) |
| Realización de la práctica de optimización | | En Octubre (fecha exacta por concretar) |
| Realización de la práctica de simulación | | Finales de Noviembre (fecha exacta por concretar) |
| | | |



Preparación de examen final

Diciembre

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

- F.S. Hillier, G.J. Lieberman Introduction to Operations Research, 9/e. McGraw-Hill Higher Education. 2014
- A. Ramos, P. Sánchez, J.M. Ferrer, S. Wogrin. Modelos Matemáticos de Optimización. 2013. (http://www.iit.comillas.edu/aramos/simio/apuntes/a_mmo1a.pdf)
(http://www.iit.comillas.edu/aramos/simio/apuntes/a_mmo1b.pdf)
- A. Ramos, P. Sánchez, J.M. Ferrer, S. Wogrin. Modelos Matemáticos de Técnicas Específicas de Optimización. 2013. (http://www.iit.comillas.edu/aramos/simio/apuntes/a_mmo2.pdf)
- A. Ramos, P. Sánchez, J.M. Ferrer, J. Barquín, A. Campos, B. Vitoriano. Modelos Matemáticos de Simulación. 2009. (http://www.iit.comillas.edu/aramos/simio/apuntes/a_mms.pdf)
- A. Sarabia, La investigación operativa. Una herramienta para la adopción de decisiones. Universidad Pontificia Comillas. 1996
- Slides of theory (http://www.iit.comillas.edu/aramos/intro_simio.htm)
- Practical problems (<http://www.iit.comillas.edu/swogrin/OM.htm>)
- Past exam problems (<http://www.iit.comillas.edu/swogrin/OM.htm>)
- Coding examples (<http://www.iit.comillas.edu/swogrin/OM.htm>)

Bibliografía Complementaria

- Sarabia, A. *La investigación operativa. Una herramienta para la adopción de decisiones*. Universidad Pontificia Comillas. 1996
- Presentaciones de teoría (http://www.iit.upcomillas.es/aramos/intro_simio.htm)
- Problemas resueltos (<http://www.iit.upcomillas.es/swogrin/OM.htm>)
- Exámenes resueltos (<http://www.iit.upcomillas.es/swogrin/OM.htm>)
- Prácticas de modelado (<http://www.iit.upcomillas.es/swogrin/OM.htm>)

En cumplimiento de la normativa vigente en materia de **protección de datos de carácter personal**, le informamos y recordamos que puede consultar los aspectos relativos a privacidad y protección de datos que ha aceptado en su matrícula entrando en esta web y pulsando "descargar"

<https://servicios.upcomillas.es/sedelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792>



Está usted en: Inicio > Centros > Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) > Instituto de Investigación Tecnológica > Andrés Ramos

[Principal] [Résumé/CV] [Material docente] [Operations Management] [Mathematical Methods] [Operations Research] [Técnicas de Optimización de Sistemas] [Modelado y Simulación de Sistemas] [Applied Optimization] [Statistics II] [Quantitative Decision Methods] [Optimization Techniques] [Deterministic Optimization] [Stochastic Optimization] [Investigación] [TEPES] [ROM] [StarNet] [FLOP] [iMetro]

Operations Research (4th GITI, year 2019-20)

News:

[Operations Research & Analytics](#): enable organizations to turn complex challenges into substantial opportunities by transforming data into information, and information into insights for making better decisions and improving results.

L. Escudero y M.A. López [SEIO y la historia de la IO en España](#) Boletín de Estadística e Investigación Operativa 28 (1): 24-55, Feb 2012

The current table reflects in a realistic way the course development during the several sessions. It allows the student to know in advance what is going to happen in each session in order to prepare the subject and to organize its work adequately.

| Date | Theory | Readings | Problems | Practice |
|-----------|--|--|---------------|----------|
| Sep 3, 19 | <p>Extract of the syllabus. Additional bibliography. Hand out of class notes and web page for slides. Survey (motivation, expectations, difficulty, etc.)</p> | <p>J.R. Alonso Una Universidad nueva El País 12/01/2009</p> <p>M. Bolaños Confidencias de un headhunter Anales de Mecánica y Electricidad (LXXXII) II: 38-40 Mar-Abr 2005</p> <p>M.S. Sodhi What Industry Wants From O.R. Grads OR/MS Today Aug 2005</p> | | |
| Sep 3, 19 | <p>LECTURE NOTES about Optimization mathematical modeling.</p> | <p>Operations Research Time Line</p> <p>Energy Systems Modeling (SADSE)</p> <p>esión semiplenaria</p> <p>M. Alvar, A. Arranz, A. Ramos, A. Sánchez, J. Villar Parking.pl</p> | Diet problem. | |

Enlaces rápidos



Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)



Departamento de Organización Industrial (DOI)



Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)



Universidad Pontificia Comillas

Promoción ICAI 82



Contact





INTRODUCTION TO OPTIMIZATION AND MODELING. OR definition.

Historical introduction.
 Optimization definition.
 Classification of optimization methods. Model and modeling.
 Steps in developing a model.

J. Toczek [The PuzzlOR](#)

A. Ramos [Some IIT Operations Research Models for Electricity Markets](#) XIV Latin Ibero-American Congress on Operations Research (CLAIO 2008) Cartagena de Indias, Colombia September 2008 ([Presentation](#)) S

[ace demand and offer assignment](#) IIT-09-019A

A. Ramos, M.T. Peña, A. Fernández, P. Cucala [Mathematical programming approach to underground timetabling problem for maximizing time synchronization](#) Revista de Dirección, Organización y Administración de Empresas CEPADE 35: 88-95 Junio 2008

S. Cerisola, A. Baillo, J.M. Fernandez-Lopez, A. Ramos, R. Gollmer [Stochastic Power Generation Unit Commitment in Electricity Markets: A Novel Formulation and A Comparison of Solution Methods](#) Operations Research 57 (1): 32-46 Jan-Feb 2009

S. Lumbreras and A. Ramos [Optimal Design of the Electrical Layout of an Offshore Wind Farm: a Comprehensive and Efficient Approach Applying Decomposition Strategies](#) IEEE Transactions on Power Systems (accepted)

P. Sánchez-Martín, A. Ramos, J.F. Alonso [Probabilistic mid-term transmission planning in a liberalized market](#) IEEE

Transactions on Power Systems
20 (4): 2135-2142 Nov 2005

[ROADEF/EURO Challenge
2010: A large-scale energy
management problem with
varied constraints](#)

J.K. Delson and S.M.
Shahidehpour [Linear
Programming Applications to
Power System Economics,
Planning and Operations](#) IEEE
Transactions on Power Systems
(7) 3: 1155-1163 Aug 1992

A. Meric and M.E. Ceyhan
[Operations Research
Applications in Electronic
Commerce: a Literature
Review](#)

J. Board, Ch. Sutcliffe and W.T.
Ziemba [Applying Operations
Research Techniques to
Financial Markets](#) Interfaces
Vol 33. No. 2 pp. 12-24 Mar-
Apr 2003

C. Barnhart, P. Belobaba, A.R.
Odoni [Applications of
Operations Research in the Air
Transport Industry](#)
Transportation Science Vol 37.
No. 4 pp. 368-391 Nov 2003

H.E. Romeijn et al. [A New
Linear Programming Approach
to Radiation Therapy
Treatment Planning Problems](#)
Operations Research (54) 2:
201-216 Mar-Apr 2006

Sep 10, 19
[MODELING WITH LINEAR
PROGRAMMING.](#) Transportation
problem. Transshipment
problem.

Th.A. Grossman [The
Spreadsheet Analytic Value
Chain](#) OR/MS Today Aug 2006

| | | | |
|------------|---|--|---|
| Sep 10, 19 | Task assignment problem. | | |
| Sep 11, 19 | MODELING WITH INTEGER LINEAR PROGRAMMING. Knapsack problem. Set covering problem. Packing problem. Partition problem. Travelling salesman problem (TSP). Fixed cost problem. | TSP Art | Departmental Computer System |
| Sep 11, 19 | | Data Bases. Web server management. | Optimization cases |
| Sep 17, 19 | Disjunctive constraints. Satisfy k of N equations. Selection among N values. Simple implications. | | Regional offices. |
| Sep 17, 19 | Equivalences among logical propositions. Complex logical propositions. | | |
| Sep 18, 19 | | Selecting a basketball team. | |
| Sep 18, 19 | | | Team formation. Assignment of optimization practices with GAMS. GAMS Development; Optimization: Energy Systems Modeling_(SADSE); OR/MS-today Advertisement, August 2009 Algebraic modeling languages. Transportation problem: mathematical formulation and coding in GAMS . |
| Sep 24, 19 | | | Execution and analysis of the results. Good Optimization Modeling Practices |

Practical session with GAMS.
[NEOS Server for Optimization](#)

| | |
|------------|--|
| Sep 24, 19 | Gymnastics team. Manufacturing microprocessors. |
| Sep 25, 19 | Factory of electronic parts. Staff Selection |
| Sep 25, 19 | |
| Oct 1, 19 | <p>MULTICRITERIA DECISION MAKING. Multicriteria decision analysis. Pareto efficiency.</p> |
| Oct 1, 19 | <p>Weighted-Sum Method. Epsilon-Constraint Method. Goal Attainment Method.</p> |
| Oct 2, 19 | <p>MOCK EXAM MIDTERM EXAM_year 2014-15 MIDTERM EXAM_year 2012-13 MIDTERM EXAM_year 2011-12 MIDTERM EXAM_year 2010-11 (.TOS) MIDTERM EXAM_year 2009-10 (.TOS) MIDTERM EXAM_year 2009-10 (.MM) MIDTERM EXAM_year 2008-09 (.MM) MIDTERM EXAM_year 2007-08 (.MM).</p> |
| Oct 2, 19 | <p>LECTURE NOTES about Linear Optimization. Mathematical Programming Glossary</p> <p>Linear and Discrete Optimization course from EPFL at coursera.org</p> |



LINEAR PROGRAMMING.

[Un español resuelve un problema matemático de hace medio siglo](#) El Mundo 27/05/2010.

[Premio Fulkerson 2015](#) de la Mathematical Optimization Society (MOS) y la American Mathematical Society (AMS)

[iMetro: Subway best route calculator](#)

Oct 8, 19 Hypothesis. Geometry. Properties. Simplex algorithm. Graphical solution. Standard form.

R. Elwes [The algorithm that runs the world](#) New Scientist (2877) Aug 2012

Oct 8, 19 Algebraic solution.

[George B. Dantzig](#), the father of linear programming LP Problem Set ([1](#), [2](#), [3](#), [4](#))

R.W. Cottle [George B. Dantzig: A Legendary Life in Mathematical Programming](#) Mathematical Programming (105) 1: 1-8 Jan 2006

R.W. Cottle [George B. Dantzig: Operations Research Icon](#) Operations Research (53) 6: 892-898 Nov-Dec 2005

J.C. Nash [The \(Dantzig\) Simplex Method for Linear Programming](#) Computing in Science & Engineering (2) 1: 29-31 Jan-Feb 2000

R.E. Bixby [Solving Real-World](#)

[Linear Programs: a Decade and More of Progress](#) Operations Research (50) 1: 3-15 Jan-Feb 2002

| | | |
|------------|--|--|
| Oct 9, 19 | | LP Problem Set (8 , 9 , 22 , 24) |
| Oct 9, 19 | Multiple optima. | |
| Oct 15, 19 | Degeneracy. Characterizing the solutions. Tabular form. | <p>Practical case report. Hand in of optimization practical cases with GAMS.</p> <p>Comments about the modeling difficulties and GAMS practical case and spent time.</p> |
| Oct 15, 19 | Obtaining an initial basic feasible solution: two-phase method. | |
| Oct 16, 19 | DUALITY. Dual problem. Fundamental properties of duality. Economical interpretation. Graphical interpretation of dual variables and of reduced costs. | <p>Javascript SimpleX PHPSimplex WinQSB, Version 1.0</p> |
| Oct 16, 19 | Sensitivity analysis. Changes in constraint bounds. Change in a coefficient of a non basic variable. Introduction of a new variable. Change in a coefficient of a basic variable. Introduction of a new constraint. Dual simplex method. | |
| Oct 22, 19 | LECTURE NOTES about Mixed integer linear programming. | R.E. Gomory Early Integer Programming Operations Research (50) 1: 78-81 Jan-Feb 2002 |
| | | MIP Problem set (2 , 4 , 1) |



[INTEGER LINEAR PROGRAMMING.](#) Example case.
Branch and bound method.

[LECTURE NOTES about Nonlinear optimization.](#)



Oct 22, 19

H.W. Kuhn [Being in the Right Place at the Right Time](#)
Operations Research (50) 1:
132-134 Jan-Febr 2002

[Entrevista a Mar Hershenson](#)
Anales de Mecánica y
Electricidad (LXXXII) II: 3-10
Mar-Abr 2005

Modeling NLP.

[NONLINEAR PROGRAMMING.](#)
Introduction. Problems without
constraints: optimality
conditions.

Oct 23, 19

Problems with constraints:
optimality conditions.
Necessary and sufficient
Karush-Kuhn-Tucker
conditions.

Problem set [Inventarios](#),
[Función cúbica con hiperplanos](#),
[Chequeo de puntos](#),
[Objetivo lineal](#),
[Problema 2, 3, 4A, 4B, 4C](#),
[Triatlón](#),
[Función cúbica](#),
[Ciencias de la complejidad](#))

Oct 23, 19

[MOCK EXAM](#)
[MIDTERM EXAM_year 2014-15](#)
[MIDTERM EXAM_year 2012-13](#)
[MIDTERM EXAM_year 2011-12](#)
[MIDTERM EXAM_year 2010-11](#)
(TOS).

[MIDTERM EXAM_year 2009-10](#)
 (.TOS)
[MIDTERM EXAM_year 2009-10](#)
 (.MM)
[MIDTERM EXAM_year 2008-09](#)
 (.MM)
[MIDTERM EXAM_year 2007-08](#)
 (.MM)

[LECTURE NOTES about](#)
[Decision theory.](#)



Oct 29, 19

G.M. Fernández and M.C. Escribano [La Teoría de la Decisión: desde sus orígenes hasta comienzos del siglo XIX](#) Boletín de Estadística e Investigación Operativa (30) 3: 292-312, Nov 2014.

[Leonid Hurwicz, Eric S. Maskin y Roger B. Myerson 2007 Nobel Price in Economic Sciences](#) "for having laid the foundations of mechanism design theory"

[DECISION THEORY.](#)
 Decision criteria. Example.

A. Mas-Colell [Leo Hurwicz, el pionero](#) El País. 21 Octubre 2007

Oct 29, 19 Decision trees. Example.

Oct 30, 19 Bayesian analysis. Example.

Oct 30, 19

DT Problem set ([I+D, Contrato de móvil, Pañuelos, El huerto, El sondeo, Concurso](#))

Nov 5, 19 [LECTURE NOTES about Game theory.](#)

H. Singh [Introduction to Game Theory and Its Application in Electric Power Markets](#) IEEE Computer Applications in Power (12) 4: 18-22 Oct 1999

M. Shubik [Game Theory and Operations Research: Some Musings 50 Years Later](#) Operations Research (50) 1: 192-196 Jan-Feb 2002



[GAME THEORY.](#)

P. Horner [Game Theory: A 'Nobel' Pursuit](#) OR/MS Today (32) 6 Dec 2005

[Aumann's Work in Game Theory Leads to von Neumann Prize](#) OR/MS Today (32) 6 Dec 2005

[Robert J. Aumann and Thomas C. Schelling 2005 Nobel Prize in Economic Sciences](#) "for having enhanced our understanding of conflict and cooperation through game-theory analysis"

[John C. Harsanyi, John F. Nash Jr. and Reinhard Selten 1994 Nobel Prize in Economic Sciences](#) "for their pioneering analysis of equilibria in the theory of non-cooperative games"

John F. Nash [Non-Cooperative Games](#) PhD Thesis. Princeton University. May 1950


A. Meca [Génesis y Evolución de la Teoría de Juegos. Sus Orígenes en España](#) Boletín de Estadística e Investigación Operativa Vol 22 No 1 / Enero 2006

D. Ríos [Varoufakis en los juegos \(no\) olímpicos](#) El País 26-jul-2015

[Game Theory course from Stanford University at coursera.org](#)

[Game Theory courses in Open Education DataBase](#)

| | | | |
|------------|--|---|--|
| Nov 5, 19 | Equilibrium on pure and mixed strategies. | GT Problem set (Móviles , Caperucita , Suma nula 3x4 , Suma nula 2x4 , Suma nula 3x5 , Suma nula 4x5) | |
| Nov 6, 19 | Cournot equilibrium. Bertrand equilibrium. | | |
| Nov 6, 19 | Cournot equilibrium. Bertrand equilibrium. | | |
| Nov 12, 19 | DISCRETE EVENT SIMULATION MODELING Components and Processes. Modeling by Simulation | Simulation Software Survey . OR/MS Today Winter Simulation Conference 2018 | J. Banks and R.R. Gibson The ABCs of Simulation Practice Analytics Magazine 16-21 Spring 2009 |
| Nov 12, 19 | Simulation languages | | Arena Arena Industry Solutions Rockwell Arena simulation 3D - manufacture Rockwell Arena simulation 3D - Bike manufacturer Arena Simulation of Cobequid Blood Clinic |
| Nov 13, 19 | | | Arena |
| Nov 13, 19 | | | Arena |
| Nov 19, 19 | | Problem set Simulation Questions Class | |
| Nov 19, 19 | | | Case study development |
| Nov 20, 19 | | | Case study development |
| Nov 20, 19 | SIMULATION OUTPUT ANALYSIS Finite-Horizon Analysis | | |
| Nov 26, 19 | Infinite-Horizon Analysis. Comparison of System Designs | | Practice OUT. Preview |

| | | | |
|------------|--|---|--|
| Nov 26, 19 | | | Practice OUT. Computer lab |
| Nov 27, 19 | | | Practice OUT. Computer lab |
| Nov 27, 19 | QUEUEING THEORY Poisson processes | C. Moler The world's largest matrix computation Matlab News & Notes Oct 2002 | |
| Dec 3, 19 | Queueing models | Problem set Local administration, Two processors, Download platforms, Printer, Fair, Bank consultations, Boat engines, Classroom computers | Case study report. Hand in of simulation case study. |
| Dec 3, 19 | LECTURE NOTES about Program Evaluation and Review Technique (PERT).  | | OpenProject GanttProject Microsoft Project |
| Dec 4, 19 | PROJECT PLANNING AND CONTROL. Critical path. PERT. Introducing costs. Ending date under risk or uncertainty | Problems 4, 5 and 6 | |
| Dec 4, 19 | | Problems 4, 5 and 6. Problem set Task sequencing, Training course, Seven activities with acceleration cost, Activities with random duration, Investment with randomness | |
| Dec xx, 19 | | FINAL EXAM year 2014-15 FINAL EXAM year 2012-13 FINAL EXAM year 2011-12 FINAL EXAM year 2010-11 | |

[\(TOS\)](#)
[FINAL EXAM year 2009-10](#)
[\(TOS\)](#)
[FINAL EXAM year 2008-09](#)
[\(MM\)](#)
[FINAL EXAM year 2007-08](#)
[\(MM\)](#)
[FINAL EXAM year 2006-07](#)
[\(MM\)](#)

Jun xx, 20

[RESIT EXAM year 2014-15](#)
[RESIT EXAM year 2012-13](#)
[RESIT EXAM year 2011-12](#)
[RESIT EXAM year 2010-11](#)
[\(TOS\)](#)
[RESIT EXAM year 2009-10](#)
[\(TOS\)](#)
[RESIT EXAM year 2008-09](#)
[\(MM\)](#)
[RESIT EXAM year 2007-08](#)
[\(MM\)](#)
[RESIT EXAM year 2006-07](#)
[\(MM\)](#)